



Munich Personal RePEc Archive

The impact of economic growth on the highways in Sa Paulo: an analysis of input-output combined with geoprocessing

Silvio Massaru Ichihara and Joaquim José Martins Guilhoto

University of Sao Paulo

2008

Online at <https://mpa.ub.uni-muenchen.de/31403/>

MPRA Paper No. 31403, posted 14 June 2011 13:49 UTC

O IMPACTO DO CRESCIMENTO ECONÔMICO SOBRE AS RODOVIAS DE SÃO PAULO: UMA APLICAÇÃO DO MODELO DE INSUMO-PRODUTO COMBINADO COM O GEOPROCESSAMENTO

Silvio Massaru Ichihara

DERSA, Secretaria de Transporte – Estado de São Paulo

E-mail: ichihara@dersa.sp.gov.br

Joaquim José Martins Guilhoto¹

Departamento de Economia FEA – Universidade de São Paulo

Regional Economics Applications Laboratory (REAL) – University of Illinois

Pesquisador CNPq

E-mail: guilhoto@usp.br

Resumo

O conhecimento da infra-estrutura de transportes é essencial para definir estratégias de desenvolvimento, especialmente em países com dimensões continentais, como o Brasil. Informações sobre a disposição espacial dos agentes econômicos e de suas transações comerciais permitem a criação de planos mais precisos e regionalizados. Nesse contexto, este estudo busca estimar o impacto do crescimento econômico esperado para os próximos anos sobre a demanda pelas rodovias do Estado de São Paulo. Inicialmente, os fluxos econômicos entre as cidades de São Paulo são avaliados através de um modelo de insumo-produto gravitacional, considerando a maximização da entropia e as relações inter-setoriais derivadas dos sistemas de insumo-produto inter-regional; posteriormente, esses fluxos são incorporados a um sistema de informações geográficas aplicado à rede de transportes. Com isso, determina-se o valor econômico associado a cada rodovia, permitindo avaliar a diferença entre os anos de 2002 e 2012, por meio da análise de impacto dada pela matriz inversa de Leontief. Os resultados são demonstrados através de mapas, possibilitando a avaliação direta da demanda de transportes sobre a malha rodoviária e, também, a fácil compreensão por técnicos de outras áreas.

Palavras-chave: fluxos inter-regionais, transportes, insumo-produto, SIG, análise regional

¹ Este autor gostaria de agradecer à FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) ao suporte financeiro que ajudou na condução deste estudo e que tornou possível a presença e a apresentação deste trabalho no “14^o Congresso da APDR”.

Abstract

The knowledge of the transport infrastructure is essential to define development strategies, especially in countries with continental dimensions like Brazil. Information about the spatial distribution of the economic agents and its commercial transactions allow the creation of specific regional plans. This study attempts to estimate the impact of the economic growth on the highways, using economic data of the Sao Paulo State. Initially, the economic flows among the cities of the State are estimated using an input-output gravity model, considering entropy maximization model and the inter-industry relationships derived from the input-output systems; later, these flows are incorporated in a geographic information system applied to transport network. Thus, the economic value associated to each highway is determined, allowing evaluate the difference between the years of 2002 and 2012, through the analysis of impact using the Leontief inverse matrix. The results are demonstrated by maps, making possible the direct evaluation about demand of transport network, easily understood by other areas technicians.

Keywords: inter-regional flows, transport, input-output, GIS, regional analysis

3.1 Introdução

Diante do crescimento econômico esperado nos próximos anos, este trabalho destina-se a avaliar os impactos ocasionados pela expansão econômica sobre a demanda por transporte rodoviário no Estado de São Paulo. Este tema visa a ilustrar o potencial de uma das possíveis aplicações geradas ao se combinar a análise de insumo-produto com as técnicas de geoprocessamento aplicado aos transportes.

A teoria de insumo-produto utiliza definições embasadas nos alicerces da teoria econômica, mas sua aplicação não se restringe apenas a esse horizonte. Diversas questões de áreas distintas do conhecimento estão associadas ao planejamento econômico que, por sua vez, encontra material amplo, empírico e consistente nos quadros de insumo-produto.

Além da grande amplitude de aplicações em vários temas, os modelos de insumo-produto admitem características de uma única região ou de várias regiões integradas, podendo se relacionar com estruturas de menor dimensão geográfica como: Estados, municípios ou até mesmo empresas (LEONTIEF, 1965).

Em geral, o espaço físico pode ser considerado como um elemento-chave capaz de relacionar atributos de diferentes ciências que se preocupam com a distribuição espacial. Modelos da engenharia de transportes, análises gravitacionais, aplicações da geoestatística, entre outros, podem ser utilizados pelas análises da economia regional por meio do espaço.

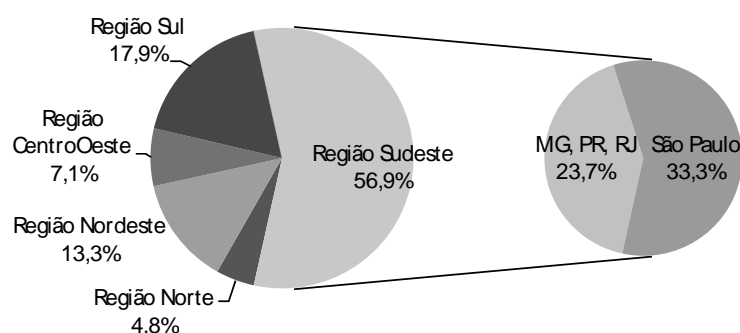
Conceitualmente, o termo genérico do geoprocessamento refere-se ao que interage com a localização espacial. Para o caso do Brasil, país de dimensões continentais, a questão espacial admite cada vez mais importância em diversas áreas. Nesse sentido, o uso combinado da matriz de insumo-produto com as técnicas relacionadas ao geoprocessamento pode trazer diversos benefícios, especialmente no que condiz com as estratégias de planejamento, tanto do âmbito governamental quanto do privado.

Mas para que isso deixe de ser uma promessa ideológica e seja efetivamente concluído, é necessário que essa seqüência de métodos seja aplicada ao mundo real, demonstrando suas imperfeições e adaptações, averiguando-se ou não o potencial, então, mencionado.

Dentro desse conceito e, adicionalmente, na busca por respostas que sejam úteis à sociedade, o presente estudo utiliza dados socioeconômicos do Estado de São Paulo para que a idéia central que motiva o trabalho possa ser ilustrada.

Como universo geográfico, a totalidade das Unidades Federativas que formam o Brasil seria a escolha ideal para os estudos regionais que envolvem o país. Entretanto, a carência por estatísticas adequadas, essenciais na montagem de um sistema inter-municipal nacional ainda é uma grande barreira. A escolha por São Paulo deriva de diversas razões, como a existência de dados que possibilitam retratar suas relações econômicas e a importância que o Estado exerce sobre a economia do país.

"A Locomotiva do Brasil", denominação utilizada, muitas vezes, para designar o Estado de São Paulo, reflete e resume a sua importância para o Brasil. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, o Estado tem a maior população (IBGE, 2007), maior pátio industrial (IBGE, 2007) e maior produção econômica dentre as Unidades da Federação. Além disso, um terço do Produto Interno Bruto nacional (PIB) pertence a São Paulo conforme o Gráfico #2.1.



Fonte: Produzido com dados do IBGE (2006) – Contas nacionais 1999 a 2003

Gráfico #2.1. Participação das regiões no PIB nacional (média entre 1999 a 2003)

Dos mais de 40 milhões de habitantes, cerca de 20 milhões concentram-se em 39 municípios que formam a região metropolitana de São Paulo, ao redor da capital (IBGE, 2007). Entretanto, a existência de outros pólos urbanos distribuídos no interior confere ao Estado razoável distribuição regional, sendo que os 645 municípios que compõem o Estado mantêm indústrias, produções agropecuárias e serviços interligados por uma malha rodoviária considerada a melhor do país, como mostram os resultados do Relatório Gerencial da Confederação Nacional dos Transportes (CNT, 2006).

Pensando no futuro, não apenas de São Paulo, mas de todo o país, diante da possibilidade de crescimento do mercado consumidor interno e externo, o Brasil poderá ampliar sua produção nos próximos anos, para isso, governo, empresas e toda a sociedade procuram meios de tornar isso uma verdade.

Entretanto, o desenvolvimento econômico determina alterações regionais quanto à distribuição de riqueza, além de fortes acréscimos sobre sua infra-estrutura, especialmente no que se diz respeito ao sistema de transporte de cargas.

Funções econômicas básicas de produção, comercialização e consumo poderão ser prejudicadas ou até mesmo inibidas pela sobrecarga da infra-estrutura de transportes. Por deficiências de ferrovias e hidrovias, a locomoção da maior parte da produção nacional depende do transporte rodoviário (COPPEAD, 2002). Esse fato poderá dificultar o escoamento da produção brasileira para o mercado externo e trazer problemas ao mercado interno, caso seu desenvolvimento não acompanhe o crescimento da economia.

Nesse contexto, é necessário diagnosticar tais problemas, averiguando os locais onde haverá maior demanda por transportes, a fim de que medidas preventivas possam ser traçadas. A estimação dos impactos associados ao aumento da produção setorial pode subsidiar tanto a aplicação de recursos governamentais como privados, promovendo a expansão coordenada do setor de transportes.

Os gargalos no escoamento determinam fretes altos e custos adicionais resultando na perda de competitividade, não apenas de um setor específico, mas de todos aqueles que dependem do transporte de cargas. Por isso, o método de análise a ser utilizado deve considerar as características da oferta e demanda setorial de cada região, possibilitando a estimação dos fluxos econômicos e sua posterior incorporação à rede de transportes. Essas habilidades são encontradas nos modelos de insumo-produto inter-regional e podem ser ampliadas com o uso de outras ferramentas que consideram a distribuição espacial, como mostra o conteúdo do item seguinte.

Assim, o objetivo deste estudo é avaliar os impactos ocasionados pelo crescimento de toda a economia nacional na malha rodoviária do Estado de São Paulo, demonstrando a aplicabilidade de uma seqüência de procedimentos que visam a estimar os fluxos econômicos inter-regionais e associá-los às redes de transportes. Este trabalho propõe-se um novo enfoque metodológico fundamentado no uso combinado dos modelos de insumo-produto e técnicas de geoprocessamento, fazendo-se uso dos sistemas de informação geográfica e de análises espaciais.

3.2 Metodologia

Para se avaliar o impacto sobre a malha rodoviária, duas estimativas de fluxos serão construídas, uma com as estimativas de atribuição do fluxo referente à matriz de insumo-produto

de 2002 e outra com as estimativas do crescimento da demanda esperadas para o ano de 2012, considerando o horizonte de 10 anos.

Como diversos procedimentos são empregados para estimar e atribuir os fluxos inter-regionais à rede rodoviária do Estado de São Paulo, os métodos utilizados delineiam um conjunto de ações necessárias para esse processo, conforme o esquema da Figura #2.1, sendo que cada item numerado é descrito a seguir.

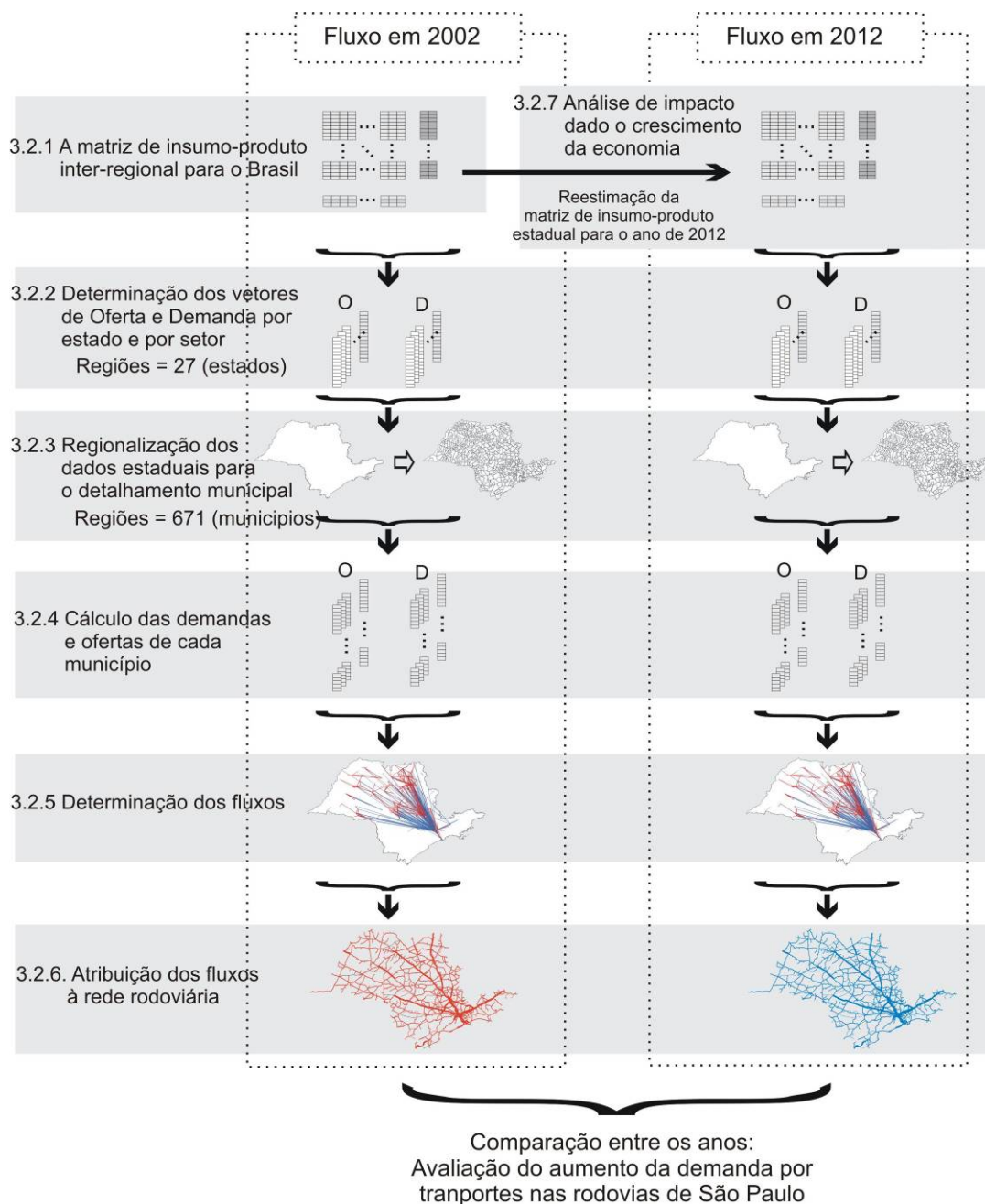


Figura #2.1 Tópicos que compõem a metodologia

3.2.1 A matriz de insumo-produto inter-regional para o Brasil

O Estado de São Paulo concentra um terço da economia nacional e sua relação com as demais Unidades da Federação é bastante intensa. Assim como as outras regiões dependem da produção de São Paulo, o inverso também é verdadeiro, por isso o estudo de seus fluxos econômicos deve considerar o país todo, mesmo que o objetivo esteja focado apenas nas rodovias que cruzam seu interior.

No entanto, a dificuldade de obtenção ou a própria inexistência de dados sobre a produção e consumo setorial de cada município do Brasil impede a criação de um sistema inter-municipal nacional, assim como é possível para São Paulo, usando os microdados da Pesquisa da Atividade Econômica Paulista (SEADE, 2002).

Para que essa análise pudesse considerar as outras regiões do País, focalizou-se a atividade econômica dos outros Estados em suas capitais, dado que essas cidades e suas vizinhanças concentram grande parte das respectivas economias estaduais. Assim, os fluxos inter-regionais, estimados neste estudo, consideram 645 municípios de São Paulo, mais as capitais dos outros Estados brasileiros (25) e o Distrito Federal, totalizando 671 regiões.

O processo de estimação dos fluxos econômicos atribuídos à malha rodoviária parte do uso de uma matriz de insumo-produto inter-estadual de 27 regiões (26 Estados e o Distrito Federal) e chega a um sistema composto pelos fluxos entre as 671 regiões, utilizando-se para isso os métodos descritos nos itens 3.2.2, 3.2.3, 3.2.4 e 3.2.5.

3.2.2 Determinação dos vetores de Oferta e Demanda por região e por setor

Os fluxos econômicos entre as Unidades da Federação foram estimados através dos métodos descritos em Guilhoto e Sesso Filho (2005a)² e Guilhoto e Sesso Filho (2005b), sendo

² A metodologia empregada para estimar a matriz interestadual considera, inicialmente, o trabalho de Guilhoto e Sesso Filho (2005a) para se obter a matriz nacional relativa ao ano de 2002 e, posteriormente, os relacionamentos inter-regionais existentes entre as Unidades da Federação são detalhados por meio do uso de diversas bases de dados e da técnica descrita em Guilhoto e Sesso Filho (2005b). Essa matriz é composta por 42 setores produtivos, sendo que a descrição dos setores é a mesma definida pelo Sistema de Contas Nacionais. Até abril de 2007, o maior detalhamento setorial apresentado pelo Sistema de Contas Nacionais do IBGE era composto por 42 setores, conforme Feijó (2005). Somente a partir dessa data, outros níveis de agrupamentos setoriais foram publicados, sendo que o IBGE também alterou suas estatísticas anteriores a respeito das contas nacionais. Entretanto, para fins deste trabalho foram utilizados os dados e classificações anteriores a essa mudança.

que essas informações foram ajustadas com base nos volumes de operações interestaduais apresentadas em Vasconcelos (2006).

Entretanto, para fins deste estudo, essas estimativas devem ser detalhadas para os municípios, ou seja, com o uso da matriz, sabe-se quanto o Estado de São Paulo demanda e oferta para os outros Estados, mas não se sabe, por exemplo, quanto o município de Guarulhos, em São Paulo, demanda e oferta aos demais Estados e municípios do próprio Estado. Essa informação é imprescindível para determinar o fluxo que passa sobre as rodovias que ligam as cidades entre si, no interior do Estado.

Por isso, mesmo com a matriz inter-estadual já estimada, é preciso utilizar um modelo que possa especificar ainda mais essas informações, calculando os fluxos entre os municípios.

O modelo de Leontief-Strout (1963) expresso na Equação 1 define que toda a produção do setor i dirigida para a região s é igual ao consumo de i para a produção dos demais setores em s , somado à demanda final relacionada com i , também na região s . A idéia básica é formar um pool, tanto de toda a demanda de uma região s por i , como da parcela da oferta de i de todo o sistema que é destinada para a região s , desta forma o sistema pode estimar os fluxos que vão de uma região para outra, a fim de se obter o equilíbrio.

$$\sum_t z_i^{ts} = \sum_j a_{ij}^s \cdot \sum_t z_j^{st} + y_i^s \quad \text{Eq.(1)}$$

Sendo:

$s, t \in \mathbf{r}$ regiões, relativo à origem e destino;

$i, j \in \mathbf{n}$ produtos relativos aos 42 setores de produção;

z_i^{st} = fluxo comercial do produto i de s para t ($\forall s, t$); ($\forall i$);

y_i^s = demanda da região s pela produção setorial de i ;

a_{ij}^s = coeficientes técnicos da matriz de insumo-produto de cada região s .

Os coeficientes da matriz de insumo-produto (a_{ij}) são considerados para auxiliar a estimativa do consumo de um determinado produto necessário para a produção dos demais produtos em cada região. Esse elemento deriva da razão do fluxo inter-setorial pela produção total de j , em cada região ($a_{ij}^s = z_{ij}^s / x_j^s$), ou seja, é a proporção de i usada para se fazer uma unidade de j em s .

O resultado dessa otimização não estimará diretamente os fluxos inter-setoriais e inter-regionais ao mesmo tempo, apenas serão obtidos os fluxos inter-regionais para cada tipo de

produção setorial, pois a idéia do pool determina a distribuição da produção a ser consumida nas regiões, mas sem saber para qual setor ou qual tipo de demanda final ela se destina.

Na prática, o uso do modelo de Leontief-Strout significa calcular a quantidade do produto i que é demandada em cada região e o quanto é ofertado do mesmo i em cada região, a partir dos elementos da matriz de insumo-produto (coeficientes técnicos da matriz de usos e recursos, demanda final e produção total de cada região).

A notação da matriz de insumo-produto inter-regional (\mathbf{n} regiões) pode ser representada conforme a Figura #2.2:

$$\begin{array}{ccccccc}
 \mathbf{Z}^{11}_{(nxn)} & \dots & \mathbf{Z}^{1t}_{(nxn)} & \dots & \mathbf{Z}^{1r}_{(nxn)} & \mathbf{Y}^{11}_{(nx5)} & \dots & \mathbf{Y}^{1t}_{(nx5)} & \dots & \mathbf{Y}^{1r}_{(nx5)} & \mathbf{X}^1_{(nx1)} \\
 \vdots & \ddots & & & \vdots & \vdots & \ddots & & & \vdots & \vdots \\
 \mathbf{Z}^{s1}_{(nxn)} & & \mathbf{Z}^{st}_{(nxn)} & & \mathbf{Z}^{sr}_{(nxn)} & \mathbf{Y}^{s1}_{(nx5)} & & \mathbf{Y}^{st}_{(nx5)} & & \mathbf{Y}^{sr}_{(nx5)} & \mathbf{X}^s_{(nx1)} \\
 \vdots & & & \ddots & \vdots & \vdots & & \ddots & & \vdots & \vdots \\
 \mathbf{Z}^{r1}_{(nxn)} & \dots & \mathbf{Z}^{rt}_{(nxn)} & \dots & \mathbf{Z}^{rr}_{(nxn)} & \mathbf{Y}^{r1}_{(nx5)} & \dots & \mathbf{Y}^{rt}_{(nx5)} & \dots & \mathbf{Y}^{rr}_{(nx5)} & \mathbf{X}^r_{(nx1)} \\
 \mathbf{I}^1_{(1xn)} & \dots & \mathbf{I}^t_{(1xn)} & \dots & \mathbf{I}^r_{(1xn)} & & & & & & \\
 \mathbf{T}^1_{(1xn)} & \dots & \mathbf{T}^t_{(1xn)} & \dots & \mathbf{T}^r_{(1xn)} & & & & & & \\
 \mathbf{V}^1_{(1xn)} & \dots & \mathbf{V}^t_{(1xn)} & \dots & \mathbf{V}^r_{(1xn)} & & & & & & \\
 & & & & & & & & & & \\
 \mathbf{X}^1_{(1xn)} & \dots & \mathbf{X}^t_{(1xn)} & \dots & \mathbf{X}^r_{(1xn)} & & & & & &
 \end{array}$$

Figura #2.2 Notação matricial da matriz de insumo-produto inter-regional

Sendo:

$\mathbf{Z}^{rr}_{(nxn)}$ matriz do consumo intermediário inter-setorial e inter-regional formada por elementos:

z_{ij}^{st} - venda do setor i da região s para o setor j da região t ou consumo do setor j da região t proveniente do setor i da região s ; $(s, t \in \mathbf{r})$, $(i, j \in \mathbf{n})$.

$\mathbf{I}^r_{(1xn)}$ vetor do volume importado por todos os setores da região \mathbf{r} formado por elementos:

i_n^t - volume importado pelo setor n da região t .

$\mathbf{T}^r_{(1xn)}$ vetor da arrecadação dos impostos indiretos líquidos de todos os setores da região \mathbf{r} formado por elementos:

t_n^t - arrecadação dos impostos indiretos líquidos do setor n da região t .

$\mathbf{V}^r_{(1xn)}$ vetor do valor adicionado de todos os setores da região \mathbf{r} formado por elementos:

v_n^t - valor adicionado do setor n da região t .

\mathbf{Y}^{rr} _(nxy) matriz de demanda final da região \mathbf{r} pela produção de s formada por cinco vetores ($y = 5$): consumo das famílias, consumo do governo, exportações, formação bruta de capital fixo e variação dos estoques. Seus elementos são dados por: y_n^{st} consumo do setor n da região s pelos vetores da demanda final da região t .

\mathbf{X}^r _(1xn) vetor da produção total de todos os setores da região \mathbf{r} formados pelos elementos:

x_n^t - produção total setor n da região t (total da soma nas colunas).

\mathbf{X}^r _(nx1) vetor da produção total de todos os setores da região \mathbf{r} formados pelos elementos:

x_n^s - produção total setor n da região s (total da soma nas linhas).

Utilizando a notação da matriz de insumo-produto inter-regional (Figura #2.2) e a formulação do modelo de Leontief-Strout (Equação 1), a expressão que determina o vetor de demanda (lado direito da equação) pode ser representada da seguinte forma:

$$d_i^t = \sum_{j=1}^n \sum_{s=1}^r z_{ij}^{st} + \sum_{y=1}^5 \sum_{s=1}^r y_{iy}^{st} \quad \text{Eq. (2)}$$

Sendo: $i, j \in \mathbf{n}$ setores;

$s, t \in \mathbf{r}$ regiões;

$y = 1...5$ - vetores da demanda final;

d_i^t a demanda total por i na região t .

De maneira mais simples, a oferta regional corresponde ao próprio valor de \mathbf{X}^r :

$$o_i^t = x_i^t = x_i^s \quad \text{Eq. (3)}$$

Sendo: o_i^s a oferta total de i da região s

A partir das expressões 2 e 3 e da matriz de insumo-produto inter-estadual mencionada, podem ser obtidos elementos de oferta o_i^s e demanda d_i^t setorial do Estado de São Paulo, considerando $t, s = \text{São Paulo}$. Haja vista que, dentro do conjunto $\mathbf{r} = 27$, existe uma região que representa o respectivo Estado.

Com relação aos outros Estados, é necessário obter apenas a oferta e demanda relacionada com São Paulo, por exemplo: o quanto Minas Gerais compra e vende para São Paulo, não interessando as relações desse Estado com os demais. Isso pode ser representado matematicamente nas Equações 4 e 5, para todos os outros Estados além de São Paulo.

$$d_i^t = \sum_{j=1}^n z_{ij}^{st} + \sum_{y=1}^5 y_{iy}^{st} \quad \text{Eq. (4)}$$

Sendo: $i, j \in n$ setores
 $s = \text{São Paulo}$,
 $t : \forall t \in \mathbf{r}, t \neq \text{São Paulo}$
 $y = 1...5$ - vetores da demanda final
 d_i^t a demanda total por i na região t

$$o_i^s = \sum_{j=1}^n z_{ij}^{st} + \sum_{y=1}^5 y_{iy}^{st} \quad \text{Eq.(5)}$$

Sendo: $i, j \in n$ setores
 $t = \text{São Paulo}$
 $s : \forall s \in \mathbf{r}, s \neq \text{São Paulo}$
 $y = 1...5$ - vetores da demanda final
 o_i^s a oferta i da região s da região para São Paulo

Resumindo, as Equações 2 e 3 determinam a oferta e demanda setorial do Estado de São Paulo (relacionadas com os outros Estados e com ele mesmo) e as Equações 4 e 5 determinam a oferta e demanda setorial de todos os outros Estados com São Paulo.

Os resultados dados por o_i^s e demanda d_i^t das Equações 2, 3, 4 e 5 podem ser reorganizados em vetores denominados \mathbf{O}_i e \mathbf{D}_i que representam as ofertas de todas as regiões do setor i e as demandas de todas as regiões pela produção de i , dados essenciais para que os fluxos econômicos entre as regiões possam ser calculados, conforme é demonstrado no item 2.5.

3.2.3 Regionalização dos dados estaduais para o detalhamento municipal

Para realizar a transformação dos dados da demanda setorial estadual em municipal, considerando apenas o Estado de São Paulo, utilizou-se, essencialmente, a participação do Consumo Intermediário (CI) de cada setor em cada município sobre o CI estadual do setor correspondente, a fim de distribuir proporcionalmente os coeficientes técnicos associados com a matriz de consumo inter-setorial de São Paulo estabelecida por:

$$\mathbf{SZ}^t = \sum_{s=1}^r \mathbf{Z}^{st} \quad \text{Eq.(6)}$$

Sendo: $t = \text{São Paulo}$;

$\mathbf{SZ}^{t=\text{São Paulo}}$ matriz de consumo intersetorial de São Paulo, contendo os elementos:

$sz_{ij}^{t=\text{São Paulo}}$ consumo do setor i para a produção de j .

Por meio da Pesquisa da Atividade Econômica Paulista - PAEP, realizada pela Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados, SEADE (2006), é possível estimar o *CI* de cada um dos 42 setores em escala municipal através do uso dos microdados que formam a pesquisa.

O desenvolvimento a seguir demonstra a obtenção da matriz agregada de usos e recursos para cada município de São Paulo:

- i) inicialmente, denota-se o vetor $\mathbf{CI}_{(1 \times n)}^{t=\text{São Paulo}}$, formado pelos elementos ci_j^t que correspondem ao consumo intermediário de cada setor j do Estado de São Paulo, sendo sua expressão dada pela soma nas colunas do consumo inter-setorial de São Paulo pelos seus respectivos valores de importações e impostos indiretos líquidos, conforme a Equação 7;

$$ci_j^t = \sum_{i=1}^n sz_{ij}^t + i_j^t + t_j^t \quad \text{Eq.(7)}$$

Sendo: \mathbf{CI}^t vetor correspondente ao consumo intermediário dos j setores ($j \in n$) formado pelos elementos ci_j^t ;

$t = \text{São Paulo}$.

- ii) a obtenção do vetor das participações do Consumo Intermediário de cada município no total estadual, estabelecido por $\mathbf{pCI}_{(1 \times n)}^u$, é dada pela Equação 8;

$$\mathbf{pCI}_{(1 \times n)}^u = \mathbf{CI}_{(1 \times n)}^u \cdot \left(\mathbf{CI}_{(n \times n)}^{t=\text{São Paulo}} \right)^{-1} \quad \text{Eq.(8)}$$

Sendo: $u \in m$ municípios de São Paulo ($m = 645$);

\mathbf{CI}^u o vetor correspondente aos valores dos consumos intermediários de cada setor em cada um dos municípios do estado de São Paulo obtidos pela PAEP.

- iii) por fim, a matriz agregada de usos e recursos de cada município corresponde a $\mathbf{SZ}_{(n \times n)}^u$,

Equação 9.

$$\mathbf{SZ}_{(n \times n)}^u = \mathbf{SZ}_{(n \times n)}^{t=\text{São Paulo}} \cdot \left(\mathbf{pCI}_{(n \times n)}^u \right)^{-1} \quad \text{Eq.(9)}$$

Essa seqüência de cálculos permite estimar a demanda setorial relacionada com o consumo intermediário de cada município, mas sob a forte hipótese de que os coeficientes técnicos de produção de cada região são proporcionais à média estadual.

No caso do detalhamento dos dados da demanda final agregada estadual (matriz denominada: $\mathbf{SY}_{(nx5)}^{t=\text{São Paulo}}$) para a escala municipal ($\mathbf{SY}_{(nx5)}^u$, $u \in \mathbf{m}=645$), utilizaram-se diretamente os dados de outras bases estatísticas. Os valores dos cinco vetores que formam a demanda final estadual foram distribuídos aos municípios de maneira proporcional, respeitando variáveis que correspondem exatamente ao tipo da demanda ou alguma *proxy*, conforme o Quadro #2.1.

Tipo de Demanda Final	Variável existente por setor e por município	Observação do uso da variável municipal para detalhar o dado estadual
Exportações	Exportações por município (BRASIL, 2007b).	Variável de correspondência direta com as exportações.
Consumo do Governo	Gastos da administração pública (SEADE, 2007).	Variável de correspondência direta com o consumo do governo.
Consumo das Famílias	População municipal – Censo de 2002 (IBGE, 2007), junto à estrutura de consumo das famílias setorial da matriz de insumo-produto.	Variável utilizada como <i>proxy</i> da importância do consumo das famílias de cada município, junto aos dados da matriz.
Investimentos	Excedente Operacional Bruto (EOB) deduzido do Valor Adicionado, presente na PAEP – SEADE (2006).	A magnitude EOB setorial municipal foi utilizada como <i>proxy</i> , pois os setores com maior EOB têm mais possibilidades de investir.
Variação dos estoques	Valor Bruto da Produção (VBP), variável calculada pela PAEP – SEADE (2006).	O VBP foi utilizado como <i>proxy</i> da variação dos estoques, por mensurar a quantidade total de recursos que passam pelo setor.

Quadro #2.1 Variáveis utilizadas para detalhar a Demanda Final de São Paulo em escala municipal

Para o detalhamento da produção estadual (vetor: $\mathbf{X}_{(1xn)}^{t=\text{São Paulo}}$ ou $\mathbf{X}_{(nx1)}^{s=\text{São Paulo}}$) para a escala municipal ($\mathbf{X}_{(1xn)}^u$, $\mathbf{X}_{(1xn)}^v$, $u, v \in \mathbf{m}=645$), utilizou-se, também, a proporcionalidade do Valor Bruto da Produção (VBP) calculado com base nos dados da PAEP – SEADE (2006).

3.2.4 Cálculo das demandas e ofertas de cada município

As considerações sobre o detalhamento estadual para a instância municipal permitem, agora, obter o mesmo resultado da Equação 2, relativa à demanda total (consumo setorial e demanda final), para todos os municípios de São Paulo, substituindo:

$$\begin{aligned}
& t \quad \text{por } u \quad (u \in \mathbf{m}=645); \\
& \sum_{s=1}^r z_{ij}^{st} \quad \text{por } sz_{ij}^{st} \quad (\text{elementos que formam } \mathbf{SZ}^u); \\
& \sum_{s=1}^r y_{iy}^{st} \quad \text{por } sy_{iy}^{st} \quad (\text{elementos que formam } \mathbf{SY}^u).
\end{aligned}$$

A Equação 3, também, deve ser modificada, assumindo os valores de x_j^v ($v \in \mathbf{m}=645$) ao invés de x_j^s , caracterizando a oferta setorial de cada município v de São Paulo.

Unificando os valores das outras Unidades da Federação através dos resultados das Equações 4 e 5, os vetores \mathbf{O}_i e \mathbf{D}_i passam a ter 671 regiões (645 municípios de São Paulo, 25 capitais estaduais e o Distrito Federal).

Embora os vetores determinem o quanto de cada setor i é comprado e vendido por cada região, eles não definem os valores dos fluxos inter-regionais, ou seja, quanto uma região u compra e vende para as outras v regiões.

3.2.5 Determinação dos fluxos

Para estimar os fluxos inter-regionais, optou-se pelo uso do método de otimização através do modelo de insumo-produto gravitacional, descrito por Wilson (1970). Esse modelo baseia-se na incorporação da maximização da entropia na questão dos transportes, utilizando-a para redefinir os modelos de distribuição e escolha modal que fazem parte do modelo de quatro etapas da engenharia de transportes (ORTUZAR, 2004).

Wilson (1969) propôs um modelo que maximiza a incerteza da distribuição de probabilidade do número de viagens inter-regionais, sujeito às restrições de oferta e demanda de viagens em cada região. Posteriormente, o mesmo autor faz adaptações a essa técnica, substituindo o número de viagens pelos fluxos econômicos, ao mesmo tempo em que usa o modelo de Leontief-Strout dentro do sistema de otimização.

A modelagem de otimização entrópica, condicionada aos coeficientes técnicos da matriz de insumo-produto, define 4 casos que alteram as restrições do modelo e a maneira como será resolvido: *i*) modelo sem restrição da oferta e demanda; *ii*) modelo com restrição da oferta e demanda irrestrita; *iii*) modelo sem restrição da oferta e demanda restrita; *iv*) modelo com restrição da oferta e demanda.

Quando a oferta, ou a demanda, ou ambos são restritos significa que há mais informação que possa auxiliar o processo de obtenção da solução. Assim, a maior dificuldade está associada à resolução do primeiro caso que não pode ser explicitamente resolvido com uso do Lagrangeano, exigindo processos iterativos para sua otimização.

Neste trabalho, a existência de informações sobre a produção setorial nos municípios, possibilitou o cálculo dos vetores de oferta e demanda, utilizando-se as mesmas considerações do modelo de Leontief-Strout e a hipótese de proximidade dos coeficientes técnicos de produção dos municípios com o do Estado.

Na presença dos valores agregados da oferta e demanda setorial municipal, pode-se recorrer ao uso do quarto modelo, com a restrição da oferta e demanda, visto que eles já foram estimados. Nesse caso, o modelo de insumo-produto gravitacional com oferta e demanda restritos é dado pela Equação 10, sujeito pelas Equações 11, 12 e 13.

$$\max : - \sum_s \sum_t z_i^{st} \ln z_i^{st} \quad \text{Eq.(10)}$$

$$\text{suj: } z_i^{st} \geq 0$$

$$\sum_t z_i^t = d_i^t \quad \text{Eq.(11)}$$

$$\sum_s z_i^{st} = o_i^s \quad \text{Eq.(12)}$$

$$\sum_s \sum_t z_i^{st} \cdot c_i^{st} = C_i \quad \text{Eq.(13)}$$

Sendo: $s, t \in r$ regiões, respectivo a origem e destino ($r = 671$ regiões);

$i, j \in n$ setores de produção ($n = 42$ setores);

z_i^{st} - fluxo comercial agregado do produto i de s para t ($\forall s, t$); ($\forall i$);

d_i^t - demanda da região t pela produção setorial de i ;

o_i^s - oferta da região s da produção setorial de i ;

a_{ij}^s - coeficientes técnicos da matriz de insumo-produto;

C_i - a função de custo de transporte;

c_i^{st} - custo do transporte de i entre as regiões s e t .

Esse sistema pode, então, ser resolvido através do uso do Lagrangeano.

$$L = - \sum_s \sum_t z_i^{st} \log z_i^{st} + \sum_s \lambda^s \left[o_i^s - \sum_s z_i^{st} \right] + \sum_t \varphi^t \left[d_i^t - \sum_t z_i^t \right] + \gamma^s \left[C_i - \sum_s \sum_t z_i^{st} \cdot c_i^{st} \right]$$

Tomando-se as derivadas parciais de primeira ordem com respeito a z_i^{st} e igualando a zero:

$$\begin{aligned}\frac{\partial L}{\partial z_i^{st}} &= -\log z_i^{st} - \lambda^s - \varphi^t - \gamma c_i^{st} = 0 \\ \log z_i^{st} &= -\lambda^s - \varphi^t - \gamma c_i^{st} \\ z_i^{st} &= \exp(-\lambda^s - \varphi^t - \gamma c_i^{st}) \\ z_i^{st} &= \exp(-\lambda^s) \cdot \exp(-\varphi^t) \cdot \exp(-\gamma c_i^{st})\end{aligned}\quad \text{Eq.(14)}$$

Usando as Equações 11 e 12 na Equação 14, os termos referentes à $\exp(-\lambda^s)$ e $\exp(-\varphi^t)$ tornam-se:

$$\exp(-\lambda^s) = \frac{o_i^s}{\sum_t (\exp(-\varphi^t) \cdot \exp(-\gamma c_i^{st}))} \quad \text{e} \quad \exp(-\varphi^t) = \frac{d_i^t}{\sum_s (\exp(-\lambda^s) \cdot \exp(-\gamma c_i^{st}))}$$

Substituindo-os na própria Equação 14:

$$\begin{aligned}z_i^{st} &= \frac{1}{\sum_t (\exp(-\varphi^t) \cdot \exp(-\gamma c_i^{st}))} \cdot o_i^s \cdot \frac{1}{\sum_s (\exp(-\lambda^s) \cdot \exp(-\gamma c_i^{st}))} \cdot d_i^t \cdot \exp(-\gamma c_i^{st}) \\ z_i^{st} &= \frac{\overbrace{1}^{a^s}}{\sum_t (\exp(-\varphi^t) \cdot \exp(-\gamma c_i^{st}))} \cdot \frac{\overbrace{1}^{b^t}}{\sum_s (\exp(-\lambda^s) \cdot \exp(-\gamma c_i^{st}))} \cdot \frac{o_i^s \cdot d_i^t}{\exp(\gamma c_i^{st})} \\ z_i^{st} &= a^s \cdot b^t \cdot o_i^s \cdot d_i^t \cdot \exp(\gamma c_i^{st})^{-1}\end{aligned}\quad \text{Eq.(15)}$$

No modelo de insumo-produto gravitacional restrito, expresso pela Equação 15, três variáveis exógenas devem ser utilizadas: a oferta e demanda setorial de cada região e o custo ou outra variável que mensure a dificuldade de transporte da produção de uma região para outra (impedância).

A oferta (o_i^s) e demanda (d_i^t) correspondem diretamente aos dados calculados anteriormente, vetores \mathbf{D}_i e \mathbf{O}_i , respectivamente. Ao mesmo tempo, diversas variáveis espaciais podem ser usadas como fator de impedância.

Nesse estudo, o valor atribuído a c_i^{st} advém de função que determina o tempo gasto para percorrer a menor rota de uma cidade a outra.

Ainda, para resolver a Equação 15, foram utilizados os processos iterativos de ajuste definidos em Ortúzar (2004). Através deles, os fatores de balanceamento do modelo gravitacional a^s e b^t podem ser estimados, viabilizando a obtenção de z_i^{st} . Os procedimentos foram implementados e executados no *software* matemático *Matlab*.

3.2.6 Atribuição dos fluxos à rede rodoviária

Basicamente os passos anteriores seguem a mesma idéia do modelo de quatro etapas da engenharia de transportes, na qual, inicialmente, é estimado o potencial de oferta e demanda de cada região e, posteriormente, os fluxos entre as regiões são gerados e incorporados à rede de transportes de acordo com a escolha da modalidade viária.

Como a malha rodoviária é alvo deste estudo, apenas esse tipo de transporte será utilizado no modelo de atribuição, sendo que os valores dos fluxos referentes aos usos de dutovias, ferrovias e hidrovias são específicos de alguns setores e foram tratados à parte, sendo extraídos do sistema. A carga que utiliza esses outros modos de transporte é subtraída do modelo de atribuição rodoviária antes junto à etapa do detalhamento municipal.

Os fluxos obtidos na fase anterior foram incorporados ao *software TransCad*. Esse programa é um Sistema de Informações Geográficas aplicado aos transportes que possui, dentre diversas ferramentas, procedimentos de atribuição dos fluxos às redes.

Dentre os modelos implementados no *software* para cumprir essa função, optou-se pela utilização do modelo de equilíbrio do usuário (UE - *user equilibrium model*), que tem característica determinística e possibilita restringir a capacidade de uso das vias de transporte. O UE é a formulação recomendada pelo *Bureau of Public Roads* - BPR, sendo definida conforme a Equação 16.

$$t = tc \left[1 + \alpha \left(\frac{f}{fc} \right)^\beta \right] \quad \text{Eq.(16)}$$

sendo: t - tempo de viagem para percorrimto de uma conexão livre;
 tc - tempo de viagem para percorrimto de uma conexão congestionada;
 f - fluxo que passa sobre a conexão;
 fc - capacidade da conexão para suportar o fluxo;
 α - parâmetro de calibração;
 β - parâmetro de calibração.

Para estimar o tempo de viagem de uma conexão³ livre, foi usada a razão entre o tamanho e a velocidade média de cada conexão, na qual a velocidade média foi determinada conforme o tipo de pavimento e outras variáveis implícitas a cada conexão.

³ São ligações entre dois nós (pontos da rede) que podem representar rodovias, trechos de rodovias e/ou dispositivos.

A base de dados georreferenciada, que forma a rede rodoviária nacional utilizada neste estudo, corresponde à da empresa comercial representante do *Transcad-Caliper* no Brasil. No entanto, para a base de dados associada à rede foi complementada com dados do IBGE e de outros órgãos que mantêm estatísticas sobre as rodovias.

O fluxo de passagem sobre cada conexão foi obtido, considerando a média do número veículos, por dia, por trecho (VDM), obtida por intermédio das seguintes fontes: Agência Reguladora de Serviços Públicos Delegados de Transporte do Estado de São Paulo (ARTESP, 2007); Desenvolvimento Rodoviário S.A. (DERSA, 2007); Departamento de Estradas e Rodagens de São Paulo (São Paulo, 2007); e Departamento Nacional de Trânsito - DNIT (Brasil, 2007c).

Testes preliminares foram elaborados para estimar os melhores parâmetros, a fim de tornar o modelo de atribuição mais eficiente, resultando nos seguintes valores para α (0,15) e β (2,00).

Por fim, os resultados após a atribuição dos fluxos econômicos dentro da malha viária do Estado, correspondem ao elemento principal definido na Figura 2.1, alvo deste estudo.

3.2.7 Análise de impacto dado o crescimento da economia

As análises de impacto, junto aos meios de identificação de setores-chave da economia, compõem um conjunto de técnicas básicas associadas aos modelos de insumo-produto que são úteis em análises estruturais da economia. Nelas são assumidas as condições microeconômicas da função de produção de Leontief, sendo que a adoção da pressuposição de retornos constantes à escala é uma condição necessária para uso da Equação 17. Detalhes sobre esse aspecto são encontrados em Miller e Blair (1985).

$$\underset{(nx1)}{\Delta X} = \underset{(nxn)}{(I - A)}^{-1} \cdot \underset{(nx1)}{\Delta Y} \quad \text{Eq.(17)}$$

sendo: $(I - A)^{-1}$ matriz inversa de Leontief;
 ΔY - variação da demanda final;
 ΔX - variação da produção total.

Na Equação 17, as análises de impacto da teoria de insumo-produto simulam uma variação na demanda final total, ou de um de seus componentes, mensurando as alterações que ocorrem na produção dos setores econômicos.

Esse tipo de análise mensura o impacto total que a economia absorve respeitando todos os efeitos diretos e indiretos implícitos nas relações de interdependência setorial. O cálculo ajusta-se perfeitamente aos objetivos deste estudo, tendo em vista a preocupação de se avaliar como o impacto do aumento da demanda final, impulsionando o crescimento econômico, atua sobre o sistema econômico.

3.2.7.1 O cenário referente ao aumento da economia nacional

Como observado na Equação 17, a variação da produção decorre das alterações na Demanda Final e esse vetor é formado por cinco elementos: consumo das famílias, consumo do governo, exportações, investimentos e variação dos estoques.

Para que o devido choque seja dado ao sistema, a fim de se avaliar o crescimento da economia, é necessário determinar o quanto esses vetores irão crescer ao longo do período determinado (no caso, 10 anos, considerando a matriz de insumo-produto de 2002).

Este trabalho não teve como objetivo estimar a projeção econômica até 2012, por isso são utilizadas fontes secundárias que contêm as informações necessárias para calcular o crescimento. O Quadro #2.2 apresenta a variação percentual real do crescimento do consumo das famílias, consumo do governo, exportações e investimentos entre os anos de 2002 até 2005, avaliados pelo Sistema de Contas Nacionais do IBGE. Após o ano de 2005, utilizam-se as projeções estimadas pela Organização das Nações Unidas (ONU) disponibilizadas pelo IPEA (2007).

Fontes	Variação percentual real anual										
	IBGE	IBGE	IBGE	IPEA (ONU)	IPEA (ONU)	IPEA (ONU)	IPEA (ONU)	IPEA (ONU)	IPEA (ONU)	Estim*	Estim*
Período	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Consumo privado	1,82%	-0,70%	3,81%	4,10%	4,30%	4,50%	5,00%	4,40%	4,60%	4,67%	4,56%
Consumo do governo	4,75%	1,15%	4,09%	0,10%	1,10%	1,00%	2,80%	2,80%	3,10%	2,90%	2,93%
Investimentos	-5,23%	-4,59%	9,12%	7,50%	5,10%	6,10%	5,40%	3,90%	5,90%	5,07%	4,96%
Exportações	7,42%	10,40%	15,29%	18,00%	5,30%	12,20%	8,50%	2,50%	10,50%	7,17%	6,72%
Período	Variação percentual acumulada										
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Consumo privado	0%	-0,7%	3,1%	7,3%	11,9%	17,0%	22,8%	28,2%	34,1%	40,4%	46,8%
Consumo do governo	0%	1,2%	5,3%	5,4%	6,6%	7,6%	10,6%	13,7%	17,3%	20,7%	24,2%
Investimentos	0%	-4,6%	4,1%	11,9%	17,6%	24,8%	31,5%	36,7%	44,7%	52,1%	59,6%
Exportações	0%	10,4%	27,3%	50,2%	58,2%	77,4%	92,5%	97,3%	118,1%	133,7%	149,4%

* - dada a ausência de valores para os anos de 2011 e 2012, considerou-se a média móvel dos últimos 3 anos

Fontes: IBGE: Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Contas Nacionais; IPEA: projeções até 2010, IPEA (2007).

Quadro #2.2 (Continuação) Índices de crescimento até 2005 e projeções de crescimento até 2012

A última coluna referente ao crescimento acumulado em 2012 foi utilizada para determinar a variação da Demanda Final no âmbito nacional, relativa aos vetores de consumo das famílias, governo, investimentos e exportações. Apenas o vetor de variação dos estoques não foi considerado, pois, em geral, ele resulta das diferenças necessárias para manter o equilíbrio entre a oferta e demanda no sistema de insumo-produto.

Assim, os quatro vetores determinam o ΔY , que, por sua vez, alimenta a análise de impacto. Em seguida, efetua-se, novamente, todo o processo para o detalhamento em escala municipal e posterior atribuição dos fluxos sobre as rodovias.

3.2.8. Considerações finais da metodologia

Antes de iniciar a apresentação dos resultados, mencione-se que as unidades principais utilizadas nas análises são:

- R\$ por trecho: corresponde ao valor em reais que passa por cada trecho⁴ rodoviário (R\$ em valores correntes ao ano de 2002), essencialmente, esse é o valor que resulta diretamente do método anteriormente descrito.
- R\$*km: corresponde ao valor anterior multiplicado pelo respectivo tamanho do trecho em quilômetros.

Para a visualização nos mapas, os dados são apresentados em R\$ por trecho, pois cada trecho pode ser visualizado separadamente, mas para as análises que agregam vários trechos (por rodovias, por Estados etc.) usa-se a medida R\$*km.

A unidade R\$*km é semelhante à unidade normalmente utilizada para avaliar a demanda por transportes denominada TKU (Toneladas Quilômetro Útil) que equivale à carga transportada de um ponto a outro multiplicada pela distância em quilômetros entre esses pontos.

Como o alicerce da metodologia deste estudo é a matriz de insumo-produto de 2002, todos os resultados são expressos em reais (valores de 2002), por isso optou-se pela utilização da mesma idéia do TKU, mas mensurada em valores monetários.

⁴ Cada rodovia é formada por um ou mais trechos. Para maiores definições sobre o estudo de redes de transporte, consulte o Apêndice D.

Obviamente, medidas como o TKU e VDM (volume diário médio de veículos) são mais precisas para a engenharia de transportes, pois através delas pode-se caracterizar o desgaste, a vida útil, o valor da manutenção e a necessidade de duplicação das rodovias. Entretanto, esse estudo preocupa-se mais com as variações percentuais que ocorrerão no período avaliado, destacando-se que, se uma rodovia apresentar aumento de $\Delta\%$ em R\$/km, os fluxos tanto de veículos como de cargas também poderão ser estimados caso as relações R\$/ton e R\$/veículos possam ser obtidas.

Porém, essas relações não estão disponíveis para cada setor produtivo, por isso algumas considerações são realizadas ao longo das análises subseqüentes com base em dados agregados de outras fontes que já estudaram ou estudam esse assunto no Brasil.

3.3 Resultados e discussão

Nesse capítulo, os resultados são apresentados em 2 itens: o Item 3.1 demonstra os resultados da atribuição dos fluxos inter-regionais sobre a malha rodoviária e avalia a adesão dessas estimativas com outras informações de fontes diversas que descrevem fluxos inter-regionais e a demanda por transportes, com ênfase no Estado de São Paulo; o item 5.2 considera a evolução da economia no horizonte de 10 anos e responde aos objetivos deste estudo, ao considerar as projeções de aumento da produção dado o crescimento da economia.

3.3.1 A adequação dos fluxos econômicos sobre as rodovias

O resultado final de atribuição à malha rodoviária dos fluxos inter-regionais de oferta e demanda, considerando todos os municípios de São Paulo e as capitais dos outros Estados, é apresentado na Figura #2.3, sendo cada círculo proporcional ao montante de valores que passam em cada trecho (R\$ por trecho) rodoviário.

Pela figura, nota-se que há uma grande concentração de fluxos no Estado de São Paulo, ficando parte dentro próprio Estado e parte disseminada nas ligações com as demais capitais e o Distrito Federal.

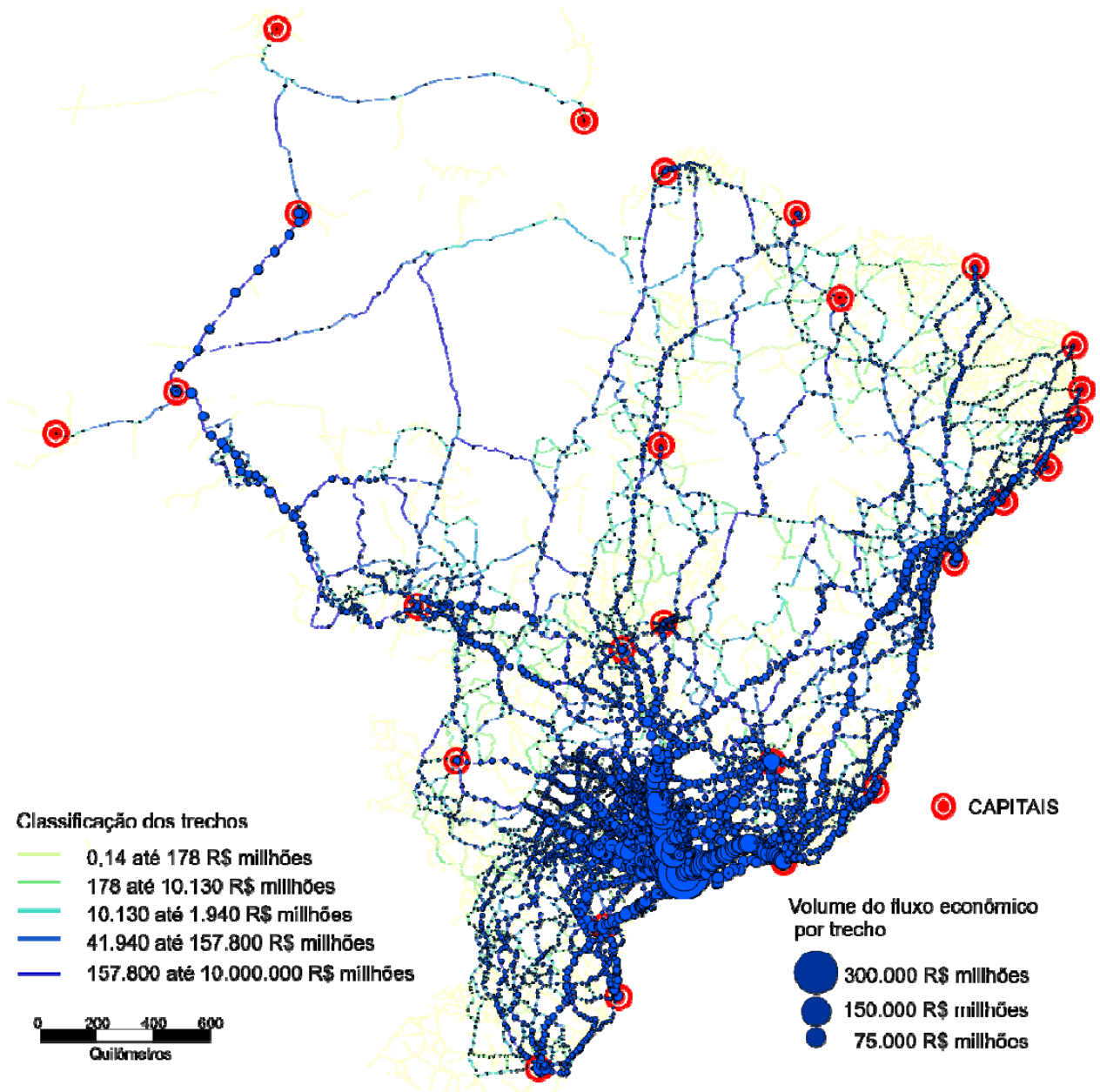


Figura #2.3 Fluxos econômicos por trecho rodoviário – situação em 2002

Ressalte-se que esse sistema não considera os fluxos entre os outros Estados (por exemplo: entre Bahia e Minas Gerais; Paraná e Goiás etc.): são considerados apenas os fluxos que partem dos municípios de São Paulo ou que chegam até eles. Além do alto relacionamento entre as economias de São Paulo e Minas Gerais, grande parte dos fluxos dirigidos para a região Nordeste passam pela extensa malha rodoviária mineira (a maior do país) e também pelas rodovias que passam pela Bahia (especialmente, BR 116 e BR 101). As rodovias que cruzam o triângulo

mineiro também são importantes para economia paulista, ao passo que viabilizam a ligação com Goiás e posteriormente com outras regiões, como mostra a Figura #2.3.

Todo o fluxo relacionado ao Distrito Federal e grande parte daquele que se dirige ao Mato Grosso (pela BR 364), Maranhão e para a região Norte, especialmente, Tocantins e Pará (pela BR 153-Belém-Brasília) passa pelo Estado de Goiás. Ainda, destaque-se, também, a importância admitida pela BR 116, tanto para o Rio de Janeiro (Rodovia Presidente Dutra) como para a região sul do País (Rodovia Regis Bittencourt).

No caso do grande fluxo de passagem por Rondônia e parte do de Mato Grosso, as estimativas não estão corretas, pois a via que liga Porto Velho a Manaus (BR 319), estava praticamente intransponível em 2002. Mesmo com as devidas restrições a essa via, o modelo alocou grande parte do fluxo nessa rodovia por não ter outra opção terrestre para escoamento da produção da Zona Franca de Manaus.

Embora a alocação das transações com os Estados de Amazonas, Amapá e Roraima não estejam corretas, devido à dificuldade de organizar os dados sobre os pontos de interligação entre as rodovias e hidrovias que servem essas regiões, os fluxos, além dos limites do Estado de São Paulo, têm apenas o objetivo de melhorar disposição espacial das estimativas dos fluxos internos. Ou seja, por exemplo: a venda de produtos para o Sul, naturalmente passará por rodovias que se dirigem para o sul e não para a direção contrária.

Dirigindo a análise para São Paulo, não foram encontrados estudos semelhantes a este na literatura, por isso para averiguar o quanto esses resultados estão próximos à realidade, procura-se comparar os resultados com os de outros estudos referentes aos fluxos de veículos e por tonelada que passam pelas rodovias de São Paulo.

O boletim estatístico da Secretaria de Transportes de São Paulo (SÃO PAULO, 2005) afirma que metade do fluxo global de cargas e veículos passa pelas rodovias sob concessão (rodovias pedagiadas). Comparando esse dado com os dados obtidos, avalia-se que o modelo de insumo-produto gravitacional aplicado à malha rodoviária de São Paulo admitiu adequada precisão ao determinar que 50,04% do fluxo econômico total do Estado (233.133 bilhões de R\$*Km) passe pelas rodovias sob concessão, como mostra o Quadro #2.3.

Administração	km	Resultados em Bilhões de R\$*km
Pedagiadas	3 853	116 668.32
Não pedagiadas	15 620	116 465.21
Total	19 473	233 133.54
% pedagiadas	19.79%	50.04%

Quadro #2.3 Comparação dos fluxos que passam sobre as rodovias pedagiadas e não pedagiadas

Pelo quadro, presume-se que o Governo talvez tenha ficado com a tarefa mais difícil, pois dentre as rodovias pedagiadas, a grande maioria está sob concessão de empresas privadas que são responsáveis pela administração de menos de 20% das rodovias, por onde passam mais de 50% do fluxo (que, nesse caso, representa a capacidade e receita para os regimes de concessão), restando ao Governo manter e a realizar investimentos nos outros 80% da malha.

A Figura #2.4 apresenta os fluxos atribuídos às rodovias e a localização das cidades com maiores Produtos Internos Brutos, segundo os dados do PIB municipal – IBGE (2007). Ao fundo, são apresentadas as 15 regiões administrativas que dividem o Estado.

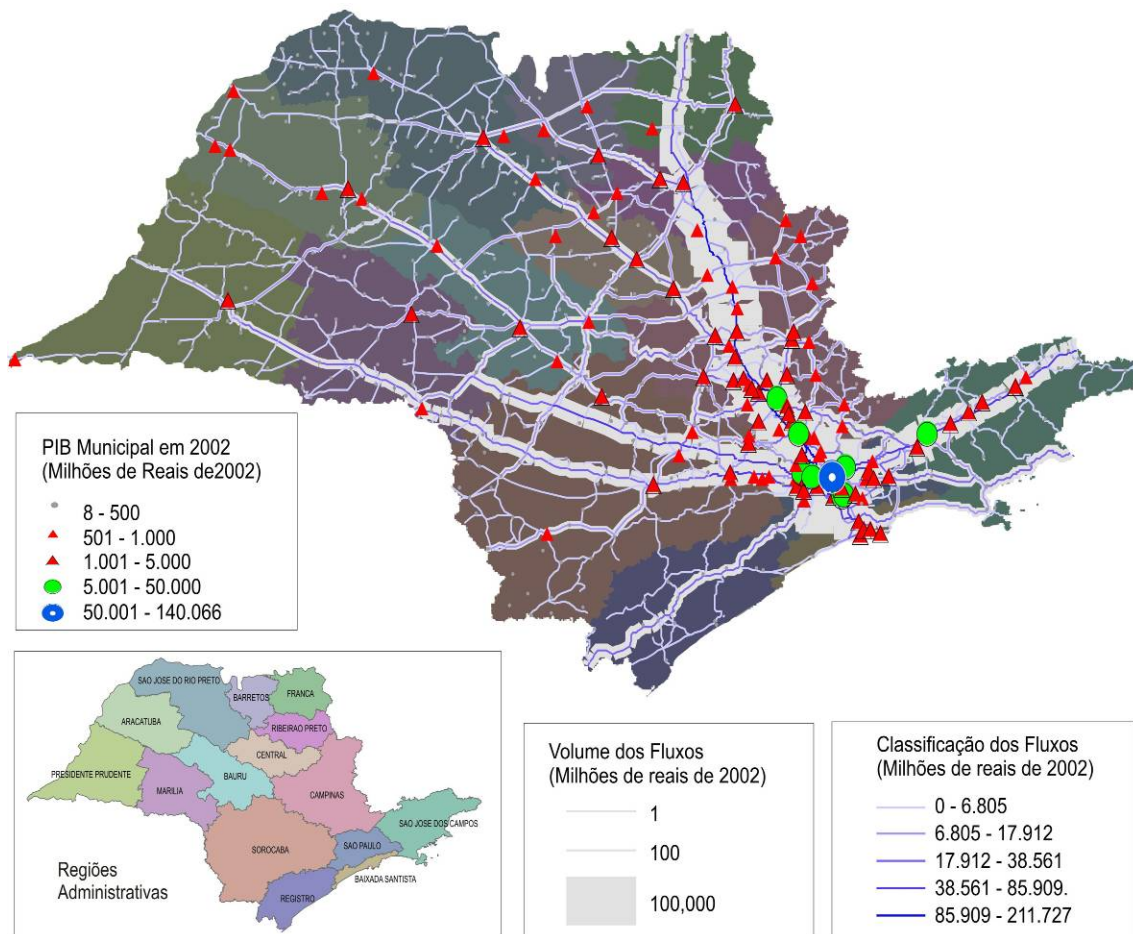


Figura #2.4 Fluxos econômicos por trecho rodoviário – São Paulo - situação em 2002

Na Figura #2.4, avalia-se que as principais vias estão condicionadas às rotas que ligam a capital - São Paulo - com as cidades que possuem maior PIB no interior do Estado, sendo que a região metropolitana de São Paulo polariza a grande maioria dos fluxos.

O Quadro #2.4 compara a quantidade de fluxos que passam sobre as rodovias presentes em cada Região Administrativa (RA) e dentre as 15 regiões, apenas São Paulo, Campinas e Sorocaba somam 57% do total da demanda por transportes em valores monetários.

Regiões Administrativas	km (A)	% km	Bilhões de R\$*km (B)	% R\$*km	Densidade (Bilhões R\$) (B/A)
ARACATUBA	1.137	5,84%	5.009,18	2,15%	4,41
BAIXADA SANTISTA	344	1,77%	5.122,17	2,20%	14,89
BARRETOS	570	2,93%	3.846,26	1,65%	6,75
BAURU	909	4,67%	7.584,46	3,25%	8,34
CAMPINAS	3.324	17,07%	60.012,05	25,74%	18,06
CENTRAL	772	3,97%	9.360,09	4,01%	12,12
FRANCA	639	3,28%	8.588,14	3,68%	13,43
MARILIA	1.490	7,65%	11.160,72	4,79%	7,49
PRESIDENTE PRUDENTE	1.172	6,02%	3.531,53	1,51%	3,01
REGISTRO	810	4,16%	6.715,98	2,88%	8,29
RIBEIRAO PRETO	830	4,26%	11.519,82	4,94%	13,87
SAO JOSE DO RIO PRETO	1.893	9,72%	7.740,20	3,32%	4,09
SAO JOSE DOS CAMPOS	1.420	7,29%	20.472,68	8,78%	14,41
SAO PAULO	1.119	5,75%	38.416,36	16,48%	34,34
SOROCABA	3.042	15,62%	34.053,89	14,61%	11,20
TOTAL	19.473	100,00%	233.134	0,00%	11,97

Quadro #2.4 Fluxos respectivos às rodovias presentes em cada Região Administrativa de São Paulo

A região de Campinas concentra um quarto do fluxo do Estado, pois por ela passam duas das mais importantes rodovias não apenas para o Estado de São Paulo como para todo o País. As rodovias Anhanguera (SP 330) e Bandeirantes (SP 348) interligam a capital com importantes cidades presentes nessa RA, como: Campinas, Jundiaí, Americana, Rio Claro, Paulínia e Piracicaba. Além disso, essas rodovias fazem a conexão com outras importantes regiões, sendo que, na rodovia Anhanguera, grande parte do fluxo segue para o Triângulo Mineiro.

A RA de Sorocaba, por sua vez, caracteriza-se por conter quase toda a extensão da rodovia Presidente Castelo Branco (SP 280) e grande parte da rodovia Raposo Tavares (SP 270), que interligam a capital com o oeste do Estado e com regiões do Paraná.

A RA da Baixada Santista possui a menor extensão rodoviária, mas com grande densidade, pois nela estão contidos os terminos das rodovias que formam outro importante complexo: Anchieta – Imigrantes. Especialmente no caso das exportações, essas duas rodovias possibilitam

a ligação entre a capital e todo o restante do Estado com o Porto de Santos (que exportou cerca de 62 % da produção do Estado de São Paulo em 2002, correspondendo a 79% do peso líquido).

Por fim, todas as rodovias citadas nos parágrafos anteriores iniciam-se na RA de São Paulo, região responsável por 51% do PIB estadual e 17% do PIB nacional, evidenciando, assim, o motivo da polarização dos fluxos ao redor da capital.

3.3.2 O impacto do crescimento da economia sobre as rodovias de São Paulo

O Quadro #2.5 apresenta os principais resultados das estimativas de aumento dos fluxos econômicos sobre as rodovias do Estado de São Paulo, considerando o horizonte de 10 anos.

Ano	2002	2012
No Estado de São Paulo	Baseado na matriz de 2002	Cenário do crescimento econômico
Unidade	bilhões de R\$*km	bilhões de R\$*km
Fluxos sobre as rodovias de SP	233 133,54	380 854,13
Variação percentual		63,36%

Quadro #2.5 Resultados gerais das análises de impacto sobre as rodovias de São Paulo, em R\$*km

Pelas projeções dos aumentos da demanda final avaliados em 46,8% do consumo das famílias; 24,2% do consumo do governo; 59,6% dos investimentos e 149,4% das exportações (item 2.7.1); estima-se a elevação de 63,4% dos fluxos nas rodovias de São Paulo, para o ano de 2012.

Como mencionado no item 2.8, além da avaliação dos fluxos econômicos, é importante associar esse valor à quantidade de toneladas que serão acrescidas sobre a malha rodoviária. Para isso é necessário aplicar aos resultados um coeficiente formado pela razão entre toneladas e reais.

A base de dados da Secretaria de Comércio Exterior – SECEX (BRASIL, 2007b) é uma das únicas que correlaciona o valor dos produtos exportados ao seu peso equivalente. Esses dados possibilitam a geração do referido coeficiente expresso em ton/R\$.

Destaque-se que o uso de um único valor como uma média para toda a produção econômica pode implicar em diversos problemas, mas essa foi a alternativa encontrada diante da indisponibilidade de acesso a melhores informações. Além disso, o coeficiente estabelecido pelo valor e volume das exportações do Estado de São Paulo torna-se mais plausível nessa análise, à medida que as projeções das exportações (149%) são muito superiores às dos outros vetores que compõem a demanda final, pois esse fato aumenta a proporcionalidade dos produtos exportados no pool geral da produção do Estado.

Considerando, então, o coeficiente de transformação obtido pela base de dados da SECEX, tem-se, para a economia em geral, a razão de 0,00044778730 ton/R\$. Multiplicando-as os valores do Quadro #2.5 expressos em R\$*km pelo coeficiente em R\$/ton, os novos valores são:

- para 2002: 104,39 bilhões de toneladas*km;
- para 2012: 170,54 bilhões de toneladas*km.

A quantidade de toneladas de produto multiplicada pela distância por ela percorrida é a medida da produção de transporte, dada por ton*km ou TKU. Essa unidade é utilizada em outros estudos como o Plano Diretor de Desenvolvimento de Transportes (PDDT Vivo), realizado pela Secretaria Estadual dos Transportes de São Paulo (SÃO PAULO, 2003).

Segundo as informações da agenda do PDDT, estudos concebidos pelos técnicos da Secretaria dos Transportes avaliam que, no ano de 2000, a produção de transportes em São Paulo foi de 116,2 bilhões de ton*km, na qual 93,1% desse valor (ou 108,2 ton*km) foi atribuído apenas às rodovias.

O PDDT, também, faz a projeção para o horizonte de 20 anos, estimando que, em 2020, a demanda total por transportes alcance os 250 bilhões de ton*km, mas com redução significativa da participação das rodovias para 64,5% (164 bilhões de ton*km). Condicionalmente, essa redução ocorrerá apenas se grandes investimentos forem realizados na rede ferroviária.

Considerando que a projeção é linear ao longo do tempo, tanto para os dados desta pesquisa como a do PDDT, note-se, através do Gráfico #2.1, que o valor do PDDT total e das estimativas deste estudo para as rodovias não são semelhantes, pois diferem em torno de 25 bilhões de ton*km tanto no ano de 2002 como no ano de 2012. Entretanto, as inclinações das duas retas são bastante parecidas, com aumento de 6,72 bilhões ton*km por ano para o PDDT e 6,61 bilhões ton*km por ano para os resultados do modelo de insumo-produto gravitacional, o que demonstra que a metodologia empregada neste trabalho, em termos das variações, teve grande adesão aos dados do PDDT, mesmo utilizando técnicas, recursos e fontes distintas.

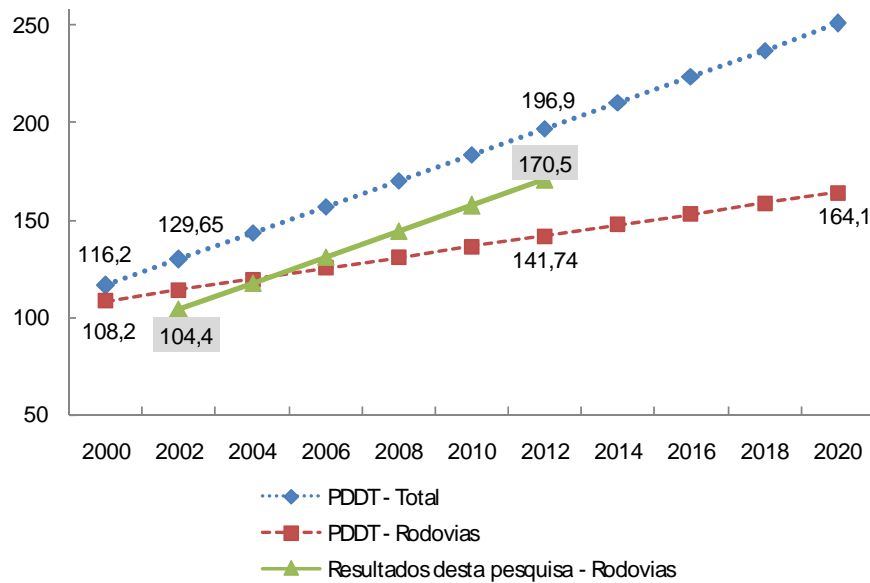


Gráfico #2.1 Comparação da evolução dos fluxos estimados neste trabalho e do PDDT vivo

No entanto, como este trabalho mensura apenas os fluxos rodoviários, seria conveniente que a inclinação fosse próxima à projeção do PDDT para as rodovias e não para o total. A explicação para isso baseia-se no fato de que os parâmetros usados neste estudo não levaram em consideração altos investimentos destinados ao desenvolvimento ferroviário. O modelo apenas considera que a expansão ferroviária será proporcional ao aumento da produção dos setores que já utilizam as ferrovias em 2002. Essa hipótese não é descartada, pois os poucos investimentos realizados recentemente advêm de empresas privadas e concessionárias para escoar o aumento da produção, especialmente para a exportação (como é o caso da produção de açúcar).

Além de planos, o Governo não tem consolidado esforços para ampliar a rede ferroviária a fim de desonerar o peso sobre as rodovias, determinando um prognóstico pouco favorável ao desenvolvimento ferroviário, como mostra o relatório da Confederação Nacional do Transporte (CNT) em conjunto com o Centro de Estudos em Logística (CEL) (COPPEAD, 2002).

Utilizando, novamente, a unidade em R\$*km, pelo qual o modelo foi ajustado, avalia-se que o uso das rodovias pedagiadas, diante do crescimento econômico previsto para 2012, será maior, ampliando sua participação em 0,5% (Quadro #2.6.). Isso porque as cidades que terão maior desenvolvimento estão próximas às principais autovias, atualmente sob regime de concessão, determinando aumentos maiores que a média estadual sobre as rodovias pedagiadas, como ilustra a Figura #2.5.

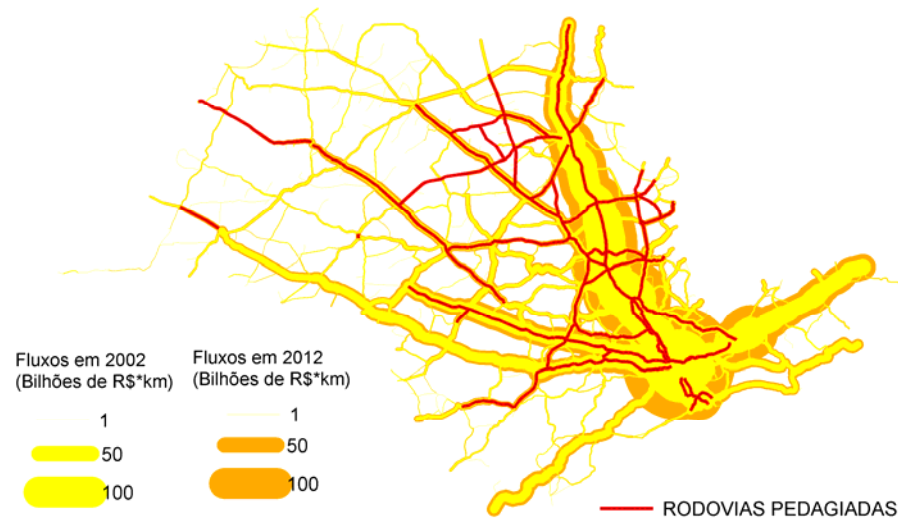


Figura #2.5 Desenvolvimento do fluxo econômico sobre as rodovias 2002-2012

Bilhões de Reais	2002	2012
Não Pedagiadas	116 465,21	188 437,27
Pedagiadas	116 668,32	192 416,86
Total	233 133,54	380 854,13
% Pedagiadas	50,04%	50,52%

Quadro #2.6 Desenvolvimento da participação do fluxo econômico sobre as rodovias

O método empregado manteve constantes, até o ano de 2012, os parâmetros que determinam o tempo utilizado para percorrer cada trecho, sob a hipótese de que o Governo possa manter devidamente as condições das rodovias sem concessão. Por isso, é possível que o aumento do fluxo sobre as vias pedagiadas seja ainda maior, caso os recursos públicos não sejam suficientes.

Focando as análises para as regiões dentro do Estado, o impacto do crescimento econômico determinou variações diferentes nas Regiões Administrativas do Estado. Pelos dados apresentados na Figura #2.7, as regiões na face norte de São Paulo tiveram crescimentos abaixo da média estadual (63,4%), variando entre 57,2 (São José do Rio Preto) a 61,4 % (Araçatuba), apenas Campinas teve um crescimento maior. O mesmo ocorreu com as regiões na face Sul, em que a região de Presidente Prudente apresentou a maior variação negativa em relação à do Estado.

Regiões como Marília e Bauru possuem rodovias que terão acréscimos percentuais devido ao escoamento da produção destinada aos centros consumidores próximos a São Paulo. O mesmo

volume de cargas também passará nas RAs de Campinas e Sorocaba, mas a elevação percentual se torna menor dada a grande malha compreendida nessas regiões.

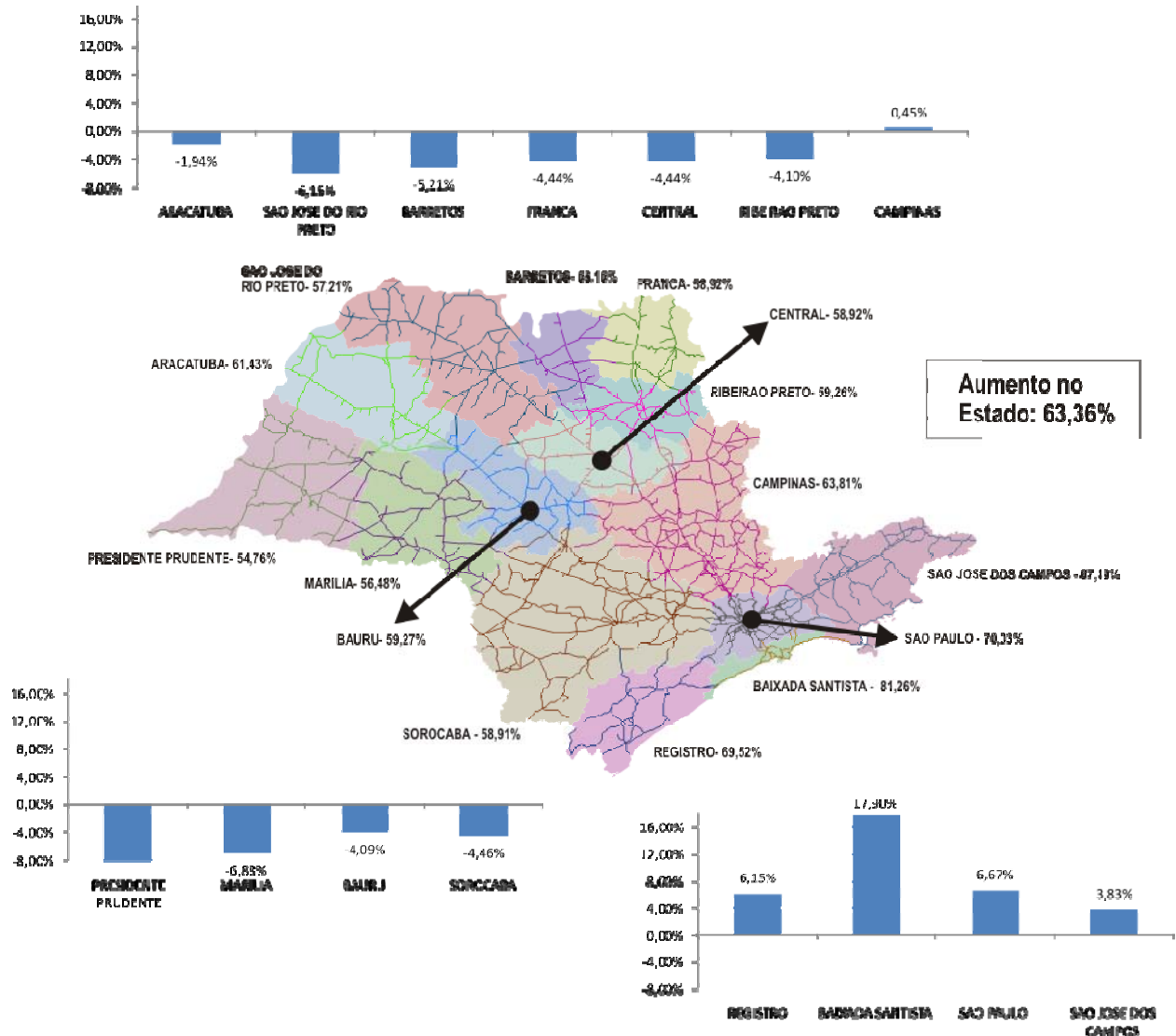


Figura #2.7 Variação dos fluxos regionais e composição gráfica das diferenças em relação à média do Estado

Os acréscimos nas regiões de São José dos Campos e Registro estão relacionados com o respectivo aumento do fluxo nas rodovias Presidente Dutra e Regis Bittencourt, em direção ao Rio de Janeiro e Curitiba, haja vista que o impacto considera toda a demanda nacional.

As regiões próximas ao litoral tiveram os maiores aumentos em relação à média. A maior quantidade de exportações previstas para 2012 incorporou 17% ao crescimento no fluxo da Baixada Santista acima da média do Estado. O complexo Anchieta-Imigrantes terá aumento do

fluxo estimado em 77,6%, mas a maior parte de sua extensão está dentro da RA de São Paulo que, por sua vez, também terá um aumento acima da média.

A polarização das principais rodovias em direção à cidade de São Paulo e a grande quantidade de empresas situadas nos municípios ao redor da capital elevarão o fluxo de mercadorias e serviços sobre o anel viário da cidade de São Paulo em 74%. Se partes importantes (como o trecho sul) do Rodoanel Mário Covas não forem concluídas, esse aumento também passará pelas avenidas marginais da cidade de São Paulo.

Ao mesmo tempo, ressalte-se que as medidas para melhorar a acessibilidade do entorno rodoviário com a capital podem incentivar ainda mais o desenvolvimento das regiões vizinhas, caracterizando um processo cíclico em que as soluções atuais serão a causa de novos problemas futuros de congestionamento das vias que cercam a capital.

Dessa forma, estratégias multimodais que utilizam outros tipos de transportes (ferroviário, hidroviário e dutoviário) devem ser bastante valorizadas, junto a plataformas logísticas de integração com as rodovias.

Embora muitas outras considerações possam ser extraídas dos dados gerados nesta pesquisa, o resultado mais importante deste estudo corresponde à geração das estimativas sobre a demanda de transportes associada a cada trecho rodoviário presente no Estado, considerando toda a cadeia produtiva pertencente à economia paulista e suas inter-relações com a das outras Unidades da Federação.

3.4 Conclusões

Muitos estudos da economia aplicada partem de bases de dados que são devidamente analisadas por métodos quantitativos, resultando em coeficientes, índices, ou quaisquer valores capazes de responder total ou parcialmente às questões que interessam à sociedade.

O método empregado neste trabalho segue o fluxo contrário. A partir dos resultados de outros estudos, como as projeções de crescimento da economia, pode-se estimar uma grande quantidade de parâmetros associados à evolução da demanda por transportes em cada trecho rodoviário do Estado de São Paulo. Por isso, o resultado mais importante deste estudo corresponde à geração dessas informações que consideram a economia paulista uma cadeia produtiva essencialmente dependente pela infra-estrutura de transportes.

A utilidade posterior das informações geradas neste trabalho depende do enfoque a ser dado pelos agentes tomadores de decisão. Para o Governo, elas podem servir para identificar as melhores medidas voltadas à redução da demanda por transportes condicionadas a aspectos inerentes cada setor econômico, pois, caso a malha rodoviária não seja ampliada ou outros tipos de transporte não sejam incentivados, a capacidade da infra-estrutura rodoviária poderá ser uma grande barreira ao tão esperado crescimento econômico.

Ainda, se as informações geradas por este trabalho forem realmente consistentes com a realidade, este trabalho serve como exemplo de como a teoria de insumo-produto pode ser incorporada aos sistemas de informação geográfica. Aplicações voltadas às análises de fluxos, redes e logística permitirão que novos métodos sejam criados ou adaptados, considerando o nível municipal com análises regionais mais específicas.

Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES - ANTT. **Relatórios anuais das concessões ferroviárias**. Disponível em: <<http://www.antt.gov.br>>. Acesso em: 21 maio 2007.
- AGÊNCIA REGULADORA DE SERVIÇOS PÚBLICOS DELEGADOS DE TRANSPORTE DO ESTADO DE SÃO PAULO – ARTESP. **Relatórios anuais**. Disponível em: <<http://www.artesp.sp.gov.br>>. Acesso em 10 abr. 2007.
- BRASIL (2007a). Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Radar Comercial. Disponível em: <<http://radar.desenvolvimento.gov.br/radar>>. Acesso em: 15 maio 2007.
- BRASIL (2007b). Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Secretaria do Comércio Exterior. Disponível em: <<http://alicesweb.desenvolvimento.gov.br>>. Acesso em: 15 maio 2007.
- BRASIL (2007c). Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Rodovias: postos de contagem, volume médio diário – Brasil por ano. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/menu/rodovias>>. Acesso em: 15 abr. 2007.
- CENTRO DE ESTUDOS EM LOGÍSTICA - COPPEAD/UFRJ. **Transporte de cargas no Brasil: ameaças e oportunidades para o desenvolvimento do país. Diagnóstico e plano de ação, 2002**. Disponível em: <<http://www.centrodelogistica.com.br>>. Acesso em: 5 de jun. de 2007.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE – CNT. **Pesquisa rodoviária 2006: relatório gerencial**. Brasília: Confederação Nacional do Transporte, 2006. 156 p. Disponível em: <<http://www.cnt.org.br>>. Acesso em: 20 de out. de 2007.
- DESENVOLVIMENTO RODOVIÁRIO SA – DERSA. Rodovias: nossos caminhos. Disponível em: <<http://www.dersa.sp.gov.br/rodovias>>. Acesso em: 30 abr. 2007.
- FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS – SEADE. Informações sobre os municípios paulistas. Disponível em: <<http://www.seade.gov.br>>. Acesso em: 12 jun. 2006.
- FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS – SEADE. Pesquisa da Atividade Econômica Paulista – PAEP / Sala de acesso aos microdados. 2002.
- GUILHOTO, J.J.M.; SESSO FILHO, U.A. (2005a). Estimação da Matriz Insumo-Produto a partir de Dados Preliminares das Contas Nacionais. **Economia Aplicada**, São Paulo, v. 9, n. 2, p. 277-299, abr. 2005.
- GUILHOTO, J.J.M.; SESSO FILHO, U.A. (2005b). **Estrutura produtiva da Amazônia: uma análise de insumo-produto**. Belém: Banco da Amazônia S.A. (BASA), 2005. 320 p.

- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Estatística - contas nacionais. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 09 set. 2006.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Sistema IBGE de recuperação automática - SIDRA. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 29 maio 2007.
- INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA - IPEA. Ipeadata - Dados macroeconômicos e regionais. Disponível em <<http://www.ipeadata.gov.br>>. Acesso em: 21 maio 2007.
- LEONTIEF, W.; STROUT, A. Multiregional Input-Output Analysis. In: BARNA T. (Ed.) **Structural interdependence and economic development**. 1 ed. New York: St. Martin's Press, 1963. chap. 2, p.119-50
- LEONTIEF, W. **Input-Output Economics**. 1 ed. New York: Oxford University Press, 1965. 257 p.
- MILLER, R.E.; BLAIR, P.D. **Input-Output Analysis: Foundations and Extensions**. 1 ed. New Jersey: Prentice Hall, 1985. 464p.
- ORTÚZAR, J.D.; WILLUMSEN, L.G. **Modelling transport**. 3 ed. New York: J. Wiley, 2004. 499 p.
- SÃO PAULO (Estado). Departamento de estradas e rodagens de São Paulo - DER/SP. Volume diário médio por rodovia. Disponível em: <<http://www.der.sp.gov.br>>. Acesso em: 10 abr. 2007.
- SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Transportes. **Boletim estatístico da Secretaria dos Transportes do Estado de São Paulo**. 2005. Disponível em: <<http://www.transportes.sp.gov.br>>. Acesso em: 9 jun. 2007.
- SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Transportes. **Plano Diretor de Desenvolvimento dos Transportes, PDDT**, 2ª Versão: setembro de 2003. Disponível em: <<http://www.transportes.sp.gov.br>>. Acesso em: 10 jun. 2007.
- VASCONCELOS, J.R.; OLIVEIRA, M.A. Análise da matriz por atividade econômica do comércio interestadual no Brasil - 1999. **Texto para discussão**, nº 1159. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, 2006. Disponível em: <<http://www.ipea.gov.br/pub>>. Acesso em: 13 jun. 2007.
- WILSON, A.G. **Entropy in urban and regional modeling**. Londres: Pion Limited, 1970. 166 p.
- WILSON, A.G. The Use of Entropy Maximising Models in the Theory of Trip Distribution, Mode Split and Route Split. **Journal of Transport Economics and Policy**, Bath, v. 3, n. 1, p. 108-126, Jan. 1969.